ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 AOUT 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 205 des *Comptes rendus* (juillet-décembre 1937) est en distribution au Secrétariat.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que la séance publique annuelle aura lieu le lundi 19 décembre 1938.

ASTRONOMIE. — *Sur le VIe Congrès de l'Union astronomique internationale réuni à Stockholm du* 3 *au* 10 *août* 1938. Note de M. **Ernest Esclangon.**

Le VIe Congrès de l'*Union astronomique internationale* s'est tenu à Stockholm du 3 au 10 août, sous la présidence du Directeur de l'Observatoire de Paris. Plus de 300 astronomes, représentant 28 nations, ont assisté et apporté leur concours aux travaux de cette importante réunion astronomique. La délégation française comprenait 32 personnes dont 21 astronomes appartenant aux divers observatoires français.

L'objet des congrès astronomiques internationaux consiste principalement dans l'organisation des travaux scientifiques qui réclament plus spécialement une collaboration concertée de divers observatoires du monde entier, soit en raison de leur outillage scientifique, soit (pour certaines observations) en raison de leur position géographique. Un grand nombre de recherches, en effet, par l'ampleur des travaux qu'elles comportent, nécessitent une collaboration d'ensemble, une entreprise en commun et une division du travail; cela d'autant plus que le nombre des objets d'études

s'est accru d'une manière considérable depuis quelques dizaines d'années. Des milliards d'étoiles, des millions de nébuleuses sont aujourd'hui accessibles à la puissance des instruments d'astronomie. L'importance des documents à accumuler et à exploiter exige, de ce fait, des plans de travaux rigoureux et méthodiques. Carte du ciel, plan des « Selected areas », positions et mouvements propres des étoiles, parallaxes, photométrie des étoiles variables, étoiles doubles, spectres stellaires, vitesses radiales, physique solaire, matière inter-stellaire et peut-être inter-nébulaire, la Lune, les planètes, les météores et étoiles filantes, etc., sans compter les observations méridiennes et le Bureau international de l'Heure; autant de sujets qui se prêtent à une activité croissante des études astronomiques.

Plus de 30 Commissions se sont partagé l'examen de ces questions en tant qu'organisation scientifique du travail; des résolutions importantes ont été prises dans ces divers domaines dont il est impossible de donner ici le détail.

Le Congrès avait, comme autre mission, celle de répartir les subventions internationales accordées à tel ou tel établissement astronomique en vue de recherches spécialisées. C'est ainsi qu'ont été continuées les subventions accordées au Bureau international de l'Heure, dont le siège est à l'Observatoire de Paris, et qui, par l'accumulation des signaux horaires qu'il reçoit quotidiennement de plus de 30 observatoires permanents, permettront de résoudre prochainement, en toute clarté, le problème de la variation des longitudes et de la dérive des continents, ainsi que d'autres questions importantes de géophysique.

Une subvention exceptionnelle lui a été en outre accordée pour terminer la publication de la grande opération des longitudes mondiales exécutée en 1933 et comprenant 71 stations réparties dans le monde entier.

La subvention accordée à l'Observatoire de Paris (Section de Meudon) pour la publication des documents relatifs aux observations solaires pour lesquelles cet établissement est tout spécialement outillé, a été également maintenue.

En résumé, le Congrès de Stockholm s'est montré particulièrement efficace et fécond dans la voie de l'organisation des études célestes. Il a décidé que sa prochaine réunion aura lieu en Suisse en 1941.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *A propos de l'interaction entre les particules élémentaires*. Note [1] de M. **Ernest C. G. Stueckelberg**.

Soit $Q(x)$ un champ de force satisfaisant à une équation de D'Alembert généralisée

$$(1)\qquad b=-(4\pi)^{-1}(\Delta-l^2),\qquad \left[b+(4\pi c^2)^{-1}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right]Q=J.$$

Dans le cas statique on a comme solution

$$(2)\qquad Q(x)=b^{-1}J=\int dy\,J(y)\,e^{-l|x-y|}\,|x-y|^{-1}.$$

La *densité de charge* J produisant le champ Q est donnée par la présence de particules de *charge* ε^r à l'endroit q^r

$$(3)\qquad J(x)=\Sigma J^r=\Sigma\varepsilon^r\delta(x-q^r).$$

Le mouvement des particules sous l'influence du champ obéit à l'équation

$$(4)\qquad m\frac{\partial^2 q^r}{\partial t^2}=\int dx\,J^r\,\mathrm{grad}\,Q.$$

Les équations (1) et (4) découlent d'une Hamiltonienne

$$(5)\qquad 2H=\Sigma m^{-1}(p^r)^2+\int dx[Q(bQ)+4\pi c^2P^2-2QJ),$$

p^r et $P(x)$ sont les impulsions conjuguées à q^r et $Q(x)$. Le champ donne lieu à une énergie d'interaction entre les particules qu'on trouve généralement en appliquant la *méthode des perturbations*. La première approximation fournit une *interaction statique de premier ordre en* ε^2

$$(6)\qquad 2V(\ldots q^r\ldots)=-\int dx\,J(b^{-1}J)=-\Sigma\Sigma\varepsilon^r\varepsilon^s e^{-l|q^r-q^s|}\,|q^r-q^s|^{-1}-\mathrm{const.}$$

La façon suivant laquelle on a obtenu ce résultat (6) semble montrer

[1] Séance du 18 août 1938.

qu'on ne doit l'appliquer que comme une *perturbation agissant sur le mouvement des particules libres*. On ne pourrait donc jamais utiliser (6) pour calculer les *niveaux d'énergie d'une assemblée de particules* (atomes, noyaux atomiques).

Nous nous proposons de montrer dans cette Note que l'interaction statique (6) doit être prise *en toute rigueur* pour calculer les niveaux d'énergie. Soit

$$\text{(7)}\qquad S = e^{\left(\frac{i}{h}\right)\int dx\,\overline{P}(b^{-1}\overline{J})}$$

une transformation de contact qui transforme les variables canoniques p, q, P et Q dans de nouvelles variables $\overline{p}$, $\overline{q}$, $\overline{P}$ et $\overline{Q}$: $p = S\overline{p}S^{-1}$, etc.

L'Hamiltonienne prend alors la forme

$$\text{(8)}\qquad 2H = \Sigma m^{-1}(\overline{\pi}^r)^2 + 2V(\ldots\overline{q}^r\ldots) + \int dx[\overline{Q}(b\overline{Q}) + 4\pi c^2\overline{P}^2],$$

avec

$$\text{(9)}\qquad \overline{\pi}^r = \overline{p}^r - \int dx\left(\frac{\overline{J}^r}{c}\right)\overline{B}, \qquad \overline{B} = c\,\text{grad}(b^{-1}\overline{P}).$$

Le problème transformé (8), qui contient explicitement l'interaction statique de premier ordre en ε^2, peut être résolu approximativement (en négligeant l'interaction des particules avec le potentiel vecteur $\overline{B}$). On trouve ainsi les niveaux d'énergie dans une première approximation. C'est sur ces états qu'on doit calculer l'influence de la perturbation due à $\overline{B}$. On la trouvera de l'ordre (vitesse des particules : vitesse de la lumière) [2] plus petite que l'interaction statique, c'est-à-dire comme une *interaction dynamique*.

a. Dans l'*électrodynamique* ($l = 0$) (6) est l'*énergie potentielle de Coulomb*. Q représente le potentiel scalaire [le signe de l'intégrale en (5) et (8) doit être renversé]. Le potentiel vecteur A entre dans la partie matérielle de (5) en substituant pour p^r un

$$\text{(10)}\qquad \pi^r = p^r - \int dx\left(\frac{J^r}{c}\right)A.$$

La condition de Lorentz $c\,\text{div}\,A = -\partial\overline{Q}/\partial t = 4\pi c^2\overline{P}$ substituée dans (9) donne $\overline{B} = -A^{\text{long}}$ (= partie longitudinale de A). Pour le $\overline{\pi}^r$ on trouvera donc l'expression analogue à (10), mais ne contenant que la *partie transversale de* A.

---

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 166, 1938, p. 154.

b. Dans la *théorie des forces nucléaires* [$l = 1$/longueur d'onde de Compton des particules de Yukawa ([3])] il faut un champ $Q_i(x)$ à plusieurs composantes dont chacune satisfait à une équation analogue à (1). Pour les *densités de charge* J_i on a des expressions (3) et des dérivées de (3). Les ε_i^r sont des matrices non commutables entre elles (construites comme des produits directs avec des matrices du *spin* σ_i^r et du *spin isotopique* τ_i^r). Une transformation analogue à (7) aboutit à une hamiltonienne analogue à (8) contenant des interactions statiques de forme (6) et des dérivées [c'est-à-dire les mêmes termes qu'on obtiendrait par la méthode des perturbations ([3])]. Par contre, vu la non-commutabilité de $\bar{J}_i$ avec $\bar{J}_{i'}$, on trouve en plus de l'interaction dynamique une *perturbation statique de second ordre en* ε^2 [ces termes sont différents des expressions du même ordre trouvées par Froehlich, Heitler et Kemmer ([2])].

La conclusion est donc la suivante :

On doit résoudre rigoureusement le problème de l'interaction entre les particules élémentaires en tenant compte des termes d'interaction statique de premier ordre en ε^2. L'influence des termes supplémentaires (interaction dynamique, interaction statique de second ordre en ε^2, etc.) ne doit être considérée qu'en prenant *la première approximation de la méthode des perturbations de chaque terme*.

Cette règle est la généralisation de celle donnée par Bethe ([4]) pour la solution de l'équation de Breit contenant l'interaction relativiste de deux électrons de Dirac.

MÉCANIQUE. — *Sur une propriété de certains mouvements fluides.* Note ([1]) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Du fait que, si l'on change simultanément le signe de h, j, k, les équations (3) d'une Note précédente ([2]) sont encore vérifiées, on déduit que le système (1) admet deux solutions distinctes, ou, en langage géométrique,

---

([3]) Yukawa, Sakata et Taketani, *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, **20**, n° 4, 1938; Stueckelberg, *Hel. Phys. Acta*, **11**, 1938, p. 225, 299 et 312; Kemmer, *Proc. Roy. Soc.*, **166**, 1938, p. 127; Bhabha, *Proc. Roy. Soc.*, **166**, 1938, p. 501.

([4]) *Handbuch der Physik*, vol. **24**, 2e édition, Springer, Berlin, 1933, p. 374.

([1]) Séance du 8 août 1938.

([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1937, p. 319.

que ce système représente les équations quadratiques des projections de deux droites sur les plans de coordonnées. Leur plan a pour équation

$$\frac{X}{l}+\frac{Y}{m}+\frac{Z}{n}=0.$$

C'est, si l'on veut, une équation aux dérivées partielles linéaire, à laquelle satisfait la fonction $f(x, y, z, \theta)$.

Ayant obtenu X, Y, Z, il reste à écrire que ces nombres sont proportionnels à des dérivées partielles :

$$X(Y'_z-Z'_y)+Y(Z'_x-X'_z)+Z(X'_y-Y'_x)=0.$$

En remplaçant X, Y, Z par les éléments de l'une des lignes de (2) on a une relation qui, jointe à $\Delta=0$, fournit les deux conditions nécessaires et suffisantes pour la vitesse. La relation que l'on obtient ainsi n'est ni entière ni symétrique, en apparence, par rapport à α, β, γ, λ, μ, ν. C'est naturel, car la seule condition $\Delta=0$ ne permet pas de distinguer les deux solutions du système (1).

Pour obtenir sous forme entière et symétrique la condition d'intégrabilité, nous commencerons par l'écrire

$$(YZ'_x-ZY'_x)+(ZX'_y-YX'_y)+(XY'_z-YX'_z)=0,$$

puis nous dériverons par rapport à x la première des équations (1); nous obtenons finalement la condition sous la forme

$$HX^2+JY^2+KZ^2=0,$$

avec

$$H=\frac{m}{\mu}(\mu\gamma'_y-\gamma\mu'_y)+\frac{n}{\nu}(\nu\beta'_z-\beta\nu'_z), \qquad \ldots$$

Il ne reste plus maintenant qu'à écrire que cette dernière relation est conséquence du système (1). Après quelques calculs on obtient

$$(\alpha H+\beta J+\gamma K)^2=4(aJK+bKH+cHJ),$$

où il reste à remplacer H, J, K par les valeurs précédemment indiquées.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la réduction des équations différentielles dans le problème des n corps.* Note de M. **Yusuke Hagihara**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Il est bien connu que les équations différentielles pour le mouvement des n corps peuvent se réduire à un système d'équations différentielles

d'ordre $6n-12$ à l'aide des intégrales eulériennes, et par élimination de l'angle définissant la position de la ligne des nœuds et du temps. La théorie de Lie des transformations de contact et des groupes de fonctions a été appliquée à cette réduction [1]. M. É. Cartan l'a obtenue par un procédé très élégant en employant les invariants intégraux [2]. Dans cette Note je modifie légèrement le procédé de réduction en évitant l'apparition explicite du temps t.

Soient $x_{3j-2}, x_{3j-1}, x_{3j}$ les coordonnées du $j^{\text{ième}}$ corps de masse

$$m_{3j-2}=m_{3j-1}=m_{3j} \qquad (j=1, 2, \ldots, n),$$

selon Poincaré [3], et soient $y_{3j-2}, y_{3j-1}, y_{3j}$ les composantes de la quantité de mouvement de ce corps. Les équations différentielles du mouvement sont alors les suivantes :

$$\frac{dx_i}{dt}=\frac{\partial H}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial x_i} \qquad (i=1, 2, \ldots, 3n).$$

Ce système admet les transformations infinitésimales :

$$A_0f=\frac{\partial f}{\partial t}, \qquad A_1f=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}, \qquad A_2f=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}, \qquad A_3f=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f}{\partial x_{3j}},$$

$$A_4f=\sum_{j=1}^{n}\left(-x_{3j}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}+x_{3j-1}\frac{\partial f}{\partial x_{3j}}\right), \qquad A_5f=\sum_{j=1}^{n}\left(-x_{3j-2}\frac{\partial f}{\partial x_{3j}}+x_{3j}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}\right),$$

$$A_6f=\sum_{j=1}^{n}\left(-x_{3j-1}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}+x_{3j-2}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}\right),$$

$$A_7f=\sum_{j=1}^{n}\left(m_{3j-2}\frac{\partial f}{\partial y_{3j-2}}+t\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}\right), \qquad A_8f=\sum_{j=1}^{n}\left(m_{3j-1}\frac{\partial f}{\partial y_{3j-1}}+t\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}\right),$$

$$A_9f=\sum_{j=1}^{n}\left(m_{3j}\frac{\partial f}{\partial y_{3j}}+t\frac{\partial f}{\partial x_{3j}}\right).$$

---

[1] S. Lie, *Mathematische Annalen*, **8**, 1874, p. 215; *Gesammelte Abhandlung.*, **4**, 1929, p. 1; Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, 1921; Engel-Faber, *Die Liesche Theorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung*, 1932; Englund, *Sur les méthodes d'intégration de Lie et les problèmes de la Mécanique céleste*, Thèse, Uppsala, 1916; Engel, *Göttinger Nachrichten, Math.-Phys. Kl.*, 1916, p. 270; 1917, p. 189.

[2] E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, 1922.

[3] H. Poincaré, *Bulletin Astronomique*, **14**, 1897, p. 53; *Acta Mathematica*, **21**, 1897, p. 83; *Leçons de Mécanique céleste*, **1**, 1905, Chap. II.

Correspondant à cette transformation on a les dix intégrales qu'on appelle souvent intégrales eulériennes

$$H_0 = H, \quad H_1 = -\sum_{j=1}^{n} y_{3j-2}, \quad H_2 = -\sum_{j=1}^{n} y_{3j-1}, \quad H_3 = -\sum_{j=1}^{n} y_{3j};$$

$$H_4 = \sum_{j=1}^{n} (x_{3j}y_{3j-1} - x_{3j-1}y_{3j}), \quad H_5 = \sum_{j=1}^{n} (x_{3j-2}y_{3j} - x_{3j}y_{3j-2}),$$

$$H_6 = \sum_{j=1}^{n} (x_{3j-1}y_{3j-2} - x_{3j-2}y_{3j-1}),$$

$$H_7 = \sum_{j=1}^{n} (m_{3j-2}x_{3j-2} - y_{3j-2}t), \quad H_8 = \sum_{j=1}^{n} (m_{3j-1}x_{3j-1} - y_{3j-1}t),$$

$$H_9 = \sum_{j=1}^{n} (m_{3j}x_{3j} - y_{3j}t).$$

Pour éliminer t entre ces expressions, posons

$$H'_7 = H_3H_8 - H_2H_9, \quad H'_8 = H_1H_9 - H_3H_7, \quad H'_9 = H_2H_7 - H_1H_8.$$

d'où résulte l'identité

$$H_1H'_7 + H_2H'_8 + H_3H'_9 = 0.$$

Donc neuf, parmi les dix fonctions H_0, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H'_7, H'_8, H'_9, forment un groupe de fonctions au sens de S. Lie. Le schéma des parenthèses de Poisson est :

	H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H'_7	H'_8	H'_9
H_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H_1	0	0	0	0	0	H_3	$-H_2$	0	MH_3	$-MH_2$
H_2	0	0	0	0	$-H_3$	0	H_1	$-MH_3$	0	MH_1
H_3	0	0	0	0	H_2	$-H_1$	0	MH_2	$-MH_1$	0
H_4	0	0	H_3	$-H_2$	0	H_6	$-H_5$	0	H'_9	$-H'_8$
H_5	0	$-H_3$	0	H_1	$-H_6$	0	H_4	$-H'_9$	0	H'_7
H_6	0	H_2	$-H_1$	0	H_5	$-H_4$	0	H'_8	$-H'_7$	0
H'_7	0	0	MH_3	$-MH_2$	0	H'_9	$-H'_8$	0	MH'_9	$-MH'_8$
H'_8	0	$-MH_3$	0	MH_1	$-H'_9$	0	H'_7	$-MH'_9$	0	MH'_7
H'_9	0	MH_2	$-MH_3$	0	H'_8	$-H'_7$	0	MH'_8	$-MH_7$	0

M désignant la masse total des n corps.

Soit Δ le déterminant d'ordre 8 formé par suppression des premières et des dernières colonnes et lignes : le rang de ce déterminant est 3. Donc selon la théorie de Lie il y a deux fonctions distinguées et distinctes appartenant à ce groupe de fonctions. Ces fonctions distinguées sont

$$\Phi = H_1H_4 + H_2H_5 + H_3H_6, \qquad \Pi = (MH_4 - H'_7)^2 + (MH_5 - H'_8)^2 + (MH_6 - H'_9)^2.$$

Donc il y a $1/2(8+2) = 5$ fonctions appartenant à ce groupe qui sont mutuellement en involution. Si nous considérons H_0, nous avons $1/2(9+3) = 6$ fonctions qui sont mutuellement en involution. De telles fonctions sont

$$H_0, \quad H_1, \quad H_2, \quad H_3, \quad \Phi, \quad \Pi.$$

Donc l'ordre du système d'équations différentielles se réduit de $6n$ à $6n-12$, selon la théorie invariante des transformations de contact de S. Lie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la variation de la constante diélectrique à la solidification des liquides homopolaires.* Note de M. **Robert Guillien**, transmise par M. Aimé Cotton.

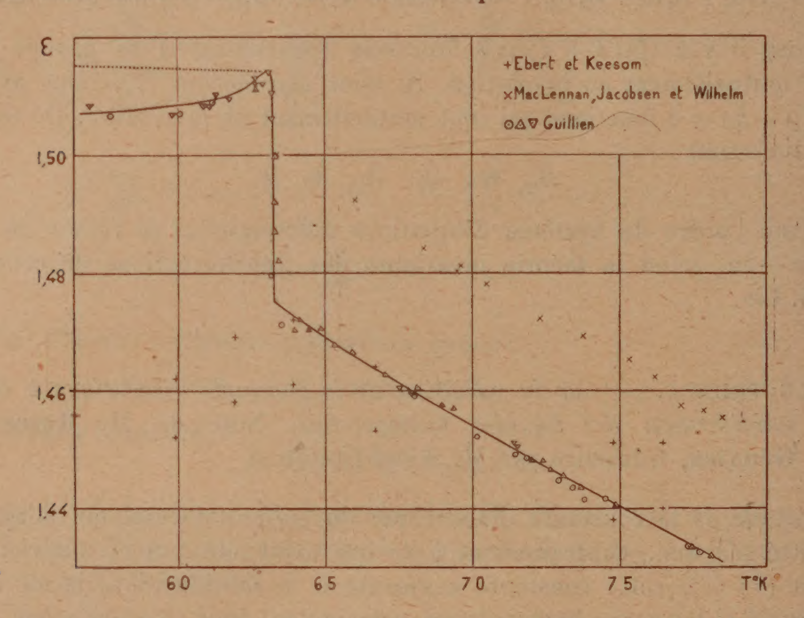
L'étude de la constante diélectrique du sulfure de carbone m'ayant montré (1) que, contrairement à ce qui avait été publié antérieurement (2) (3), cette constante augmente à la solidification, je me suis demandé si les corps homopolaires présentaient tous ce phénomène (au moins dans le cas où la densité est plus forte à l'état solide). Tel est bien le cas du soufre (4) et du benzène (2) (5). Cependant Isnardi (2) avait indiqué que le sulfure de carbone, le toluène, le métaxylène et le tétrachlorure de carbone ont une constante diélectrique diminuant à la solidification. Il devait en être de même pour l'azote suivant des mesures préliminaires d'Ebert et Keesom (6).

Ayant constaté qu'une solidification lente est nécessaire pour observer l'augmentation de la constante diélectrique du sulfure de carbone, j'ai

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1001.
(2) H. Isnardi, *Zeits. für Physik*, 9, 1922, p. 178.
(3) J. Mazur, *Acta Physica Polonica*, 1, 1932, p. 47.
(4) S. Rosental, *Bull. Acad. Pol.*, 46, 1928, p. 378.
(5) Errera, *Bull. Acad. Belg.*, 12, 1926, p. 309.
(6) *Comm. Leiden*, n° 182 *d*.

repris l'étude du toluène, du métaxylène et du tétrachlorure de carbone, et j'ai observé que ces trois corps, comme le précédent, augmentent de constante diélectrique en se solidifiant. L'augmentation est le plus facilement observée dans le cas de CCl^4.

J'ai alors mesuré la constante diélectrique de l'azote : c'est un corps



assez favorable pour une telle recherche, parce qu'il donne des cristaux peu compacts entre lesquels le liquide peut filtrer à la solidification, en outre il est aisé de faire varier lentement sa température en entourant le condensateur d'un bain d'azote commercial s'évaporant sous pression réduite. Dans le domaine liquide les valeurs observées, nettement inférieures à celles de Mc Lennan, Jacobsen et Wilhelm (7), sont en bon accord avec celles d'Ébert et Keesom (6), mais il n'en est pas de même à la solidification, où j'ai observé une augmentation rapide de la constante diélectrique (voir la figure). La diminution observée quand la température s'abaisse au-dessous du point de solidification n'est pas due à une diminution réelle de la constante diélectrique ε, mais à la contraction de l'azote solide qui ne peut plus remplir en entier l'espace compris entre les armatures du condensa-

(7) Mac Lennan, Jacobsen et Wilhelm, *Trans. of the Roy. Soc. Canada*, **24**, 1930, p. 37.

teur. En tenant compte de cette contraction pour calculer la vraie valeur de ε on obtient la courbe tracée en pointillé. Voici les valeurs observées pour la polarisation P et la constante diélectrique ε de l'azote [8] :

T°K	ε	$P = (\varepsilon - 1)/(\varepsilon + 2) d$	
78	1,4318	0,1561	
75	1,4400	0,1559	
72	1,4483	0,1558	
69	1,4568	0,1556	
66	1,4657	0,1557	
63,3	1,4746	0,1559	
Solidification			
63,00	1,514	0,1545 [9]	0,1564 [10]

La solidification de tous les liquides homopolaires que j'ai étudiés a donc été accompagnée d'une augmentation de la constante diélectrique. La mesure précise du changement de volume ainsi produit serait nécessaire pour affirmer que la polarisation est un peu plus faible à l'état solide.

SPECTROSCOPIE. — *Comparaison des spectres d'absorption infrarouges de composés hétérocycliques et de carbures à noyaux*. Note [1] de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les spectres d'absorption de composés hétérocycliques ont été relevés entre 500 et 1350 cm^{-1} avec les appareils précédemment décrits [2]. Ces résultats, pour plusieurs de ces corps ne sont pas entièrement inédits, mais nos mesures s'étendent vers des fréquences plus basses que celles de Coblentz, ou celles de Mc Kinney, Leberknight et Warner etc. Les spectres des carbures appartiennent à nos déterminations antérieures et les spectres Raman ont été déterminés en dehors de nous.

---

(8) Densité de l'azote liquide calculée par la formule de Baly et Donan, *Journ. Chem. Soc.*, **81**, 1902, p. 907.

(9) Densité de l'azote solide donnée par W. H. Keesom et J. Lisman, *Comm. Leiden*, n° **232** *b*.

(10) Densité de l'azote solide calculée d'après les mesures de P. W. Bridgman, *Phys. Review*, **46**, 1934, p. 930.

(1) Séance du 25 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 155; **196**, 1933, p. 1011.

1. La pyridine correspond au benzène et les α et β-picolines au toluène.

Pyridine.	Benzène.	α-Picoline.	β-Picoline.	Toluène.
CH	CH	CH	CH	C—CH^3
HC CH	HC CH	HC CH	HC C—CH^3	HC CH
HC CH	HC CH	HC C—CH^3	HC CH	HC CH
N	CH	N	N	CH

Pyridine I. R.......	601 F	708 F	746 F	811 f	890 f	984 F	1020 F	1052 f	1125 f	1190 f		cm^{-1}
» Raman....	604	652	880	990	1028	1060	1144	1207				
Benzène I. R........	677 F	770 f	847 aF	963 f	1022 F	1153 F	1267 f					cm^{-1}
» Raman....	605	849	992	1178								
α-Picoline I. R......	550 m	631 m	727 m	750 F	800 f	976 F	1018 m	1103 f	1136 f	1240 f	1280 f	cm^{-1}
» Raman (3).	547	630	801	812	980	1050	1248	1292				
β-Picoline I. R......	625 m	662 m	709 aF	752 f	775 f	793 F	873 f	909 f	992 aF	1025 m		cm^{-1}
» Raman (3).	543	664	710	797	989	1030						
β-Picoline I. R......	1119 m	1222 m										cm^{-1}
» Raman (3).	1059	1087	1213									
Toluène I. R.......	531 m	637 m	695 F	731 F	782 m	843 f	895 f	953 f	1028 F			cm^{-1}
» Raman....	521	622	729	785	842	892	1002	1032				
Toluène I. R.......	1060 aF	1166 m										cm^{-1}
» Raman....	1153	1176										

Conformément à ce que l'on pouvait prévoir, en passant de la symétrie D_{6h} du benzène à la symétrie C_{2v} de la pyridine (en supposant la molécule plane), l'alternance entre les bandes infrarouges et les raies Raman se trouve remplacée par la concordance de nombreuses fréquences ([4]), dont les plus remarquables se placent vers 605, 992 et 1022 cm^{-1}. Les bandes infrarouges de la pyridine à 708 et 746 cm^{-1} proviennent probablement de vibrations gauches et, par suite, les raies Raman correspondantes restent trop faibles pour se laisser déterminer.

Comme pour le toluène, les principales bandes du spectre infrarouge des α et β picolines se retrouvent dans le spectre Raman. Les spectres infrarouges des α et β picolines présentent, comme on le voit, de notables différences.

([3]) G. B. Bonino et Manzoni-Ansidei, *Mem. Acc. Bologna, Cl. sc. fis., Sez. sc. nat.* XI, ser. 1, 1933-4, p. 1-7.

([4]) K. W. Kohlrausch, *Zts. phys. Chem.*, (B), 30, 1935, p. 305-315.

II.

Cyclohexane. Pipéridine. Dioxane. Pipérazine.

Cyclohexane I. R....	525 m 678 m 719 F 793 f 865 F 906 F 1028 F 1270 f	cm^{-1}
» Raman.	800 1026 1155 1264	
Pipéridine I. R.....	552 F 649 aF 673 f? 704 f 739 F 791 f 855 m 906 f 1000 f 1038 F	
» Raman..	751 791 814 859 898 1034 1049	
Pipéridine I. R.....	1080 F 1104 F 1142 f	cm^{-1}
» Raman...	1114 1143 1167	
Dioxane I. R.......	615 F 878 F 1059 F 1094 F 1243 f 1293 F	cm^{-1}
» Raman....	– 833 1014 1107 1123 1215 1303	
Pipérazine I. R.....	645 m 908 f 1086 f 1288 F	cm^{-1}

On voit que la plupart des bandes infrarouges du cyclohexane ne se retrouvent pas dans le spectre Raman ([5]). Cette alternance indique que la molécule possède de nombreux éléments de symétrie, qui disparaissent avec la pipéridine. Par suite, pour ce dernier corps, on s'explique la concordance d'un nombre appréciable de fréquences infrarouges et Raman. En passant au dioxane et à la pipérazine, le spectre infrarouge devient très pauvre en bandes. On peut en conclure que la symétrie de ces molécules est probablement D_{2h} ou C_{2h}, suivant que l'on admet une forme plane ou gauche. Avec ces symétries, de nombreux modes de vibration ne donnent pas naissance à des bandes infrarouges et on observe l'alternance prévue entre l'infrarouge et le spectre de diffusion.

IV.

Naphtalène. Quinoléine. Isoquinoléine.

Naphtalène I. R.........	619 F 641 f 687 f 712 f 781 F 819 f 880 f 961 m 1000 f 1127 aF	cm^{-1}
» Raman.....	512 761 1026 1153	
Quinoléine I. R........	609 f? 687 f 734 F 757 f 778 F 867 f 942 F 1020 f 1123 F 1240 f	cm^{-1}
» Raman ([3])..	518 701 729 755 777 949 975 1028 1113 1137 1248	
Isoquinoléine I. R......	647 f 744 F 780 f 805 f 832 F 947 m 1028 f 1123 f 1176	cm^{-1}
» Raman ([3]).	519 634 737 779 969 1010 1031 1135 1175	

([5]) Kohlrausch a étudié spécialement les formes moléculaires et les modes de vibration correspondants pour le cyclohexane, la pipéridine et le dioxane (*Zts. Phys. Chem.*, B, 31, 1936, p. 382-401).

L'alternance entre les spectres infrarouge et Raman du naphtalène (symétrie D_{2h}) disparaît avec la quinoléine et l'isoquinoléine : pour ces dernières substances, en effet, on ne rencontre plus d'axe binaire, le seul élément de symétrie pouvant être le plan de la molécule. Comme pour le noyau benzénique, le remplacement de CH par N ne modifie pas beaucoup les fréquences du noyau naphtalénique, sauf entre 700 et 800 cm^{-1}, où se placent d'ailleurs les principales différences entre les spectres de la quinoléine et de l'isoquinoléine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du rayon de courbure sur la vitesse d'oxydation du cobalt.* Note [1] de Mme **Germaine Chauvenet**, transmise par M. Georges Urbain.

I. L'oxydation d'échantillons métalliques, dont la forme géométrique implique une variation continuelle de la surface réagissante, ne suit pas la loi parabolique que j'ai vérifiée dans un cas particulier [2]. La théorie de l'attaque profonde de fils [3] ou de sphérules [4] de métaux divalents n'ayant jusqu'ici reçu de confirmation que pour le nickel, il était intéressant de l'étendre au cobalt, qui entre 850° et 1100°C. ne fournit précisément que l'oxyde CoO. Une complication provient cependant du fait que des pièces usinées à des époques différentes n'ont pas le même *état superficiel*. Il sera tenu compte de cette évolution, étudiée par ailleurs [5].

II. La corrosion des *fils* obéit à la relation

$$\left(\frac{1}{\Delta-1}+m\right)\log[1+(\Delta-1)m]+(1-m)\log(1-m)=3,393.10^{-3}\frac{\mathfrak{M}\,\mathrm{M}\,\alpha}{\varpi\,\mathrm{D}\,r_0^2}\,t,$$

où m est la fraction oxydée, t le temps en heures, α le rapport au temps du carré de la masse fixée par centimètre carré à surface constante, r_0 le rayon initial en centimètre, Δ le rapport du volume de l'oxyde à celui du métal générateur, $\mathfrak{M}$ la masse atomique du métal, M la masse d'oxyde qui

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) En collaboration avec G. Valensi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 317.

(3) G. Valensi, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 602.

(4) G. Valensi, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 309; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 668.

(5) Mme G. Chauvenet, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 360.

contient un atome-gramme de métal, ϖ et D les densités respectives du métal et de l'oxyde.

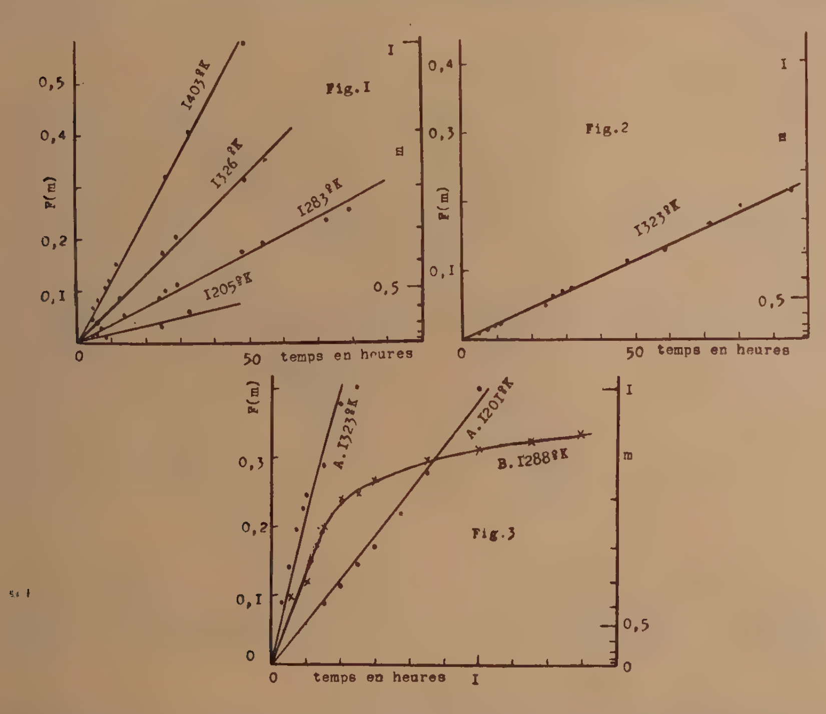
Les expériences ont utilisé un fil de cobalt à 97,76 pour 100, de 1^{mm},5 de diamètre et étiré *il y a un an* à partir de celui de 5^{mm}, qui a servi aux travaux précédents. On posera donc

$$\alpha = (6,31)^2 e^{-\frac{17040}{T}}$$

(T, température absolue), et tous calculs faits,

$$(1,193+m)\log(1+0,893\,m)+(1-m)\log(1-m)=1974\,e^{-\frac{17040}{T}}\,t.$$

Sur la figure 1 la valeur du premier membre est représentée en fonction



du temps. Les isothermes sont bien des droites, de pentes conformes à la théorie

T.	Pente mes.	Pente calc.	T.	Pente mes.	Pente calc.
1403° K.....	0,0118	0,0110	1283° K.....	0,0037	0,0040
1526° K.....	0,0066	0,0055	1205° K.....	0,0017	0,0015

III. La corrosion de *sphérules* obéit à la relation

$$(1) \qquad \frac{\Delta}{\Delta-1}-(1-m)^{\frac{2}{3}}-\frac{[1+(\Delta-1)m]^{\frac{2}{3}}}{\Delta-1}=\frac{\mathfrak{M}\,M\,\alpha}{256\,\varpi\,D r_0^2}\,t.$$

Des billes de cobalt de 3^{mm} de diamètre ont pu être réalisées à partir du fil de 5^{mm}. La livraison en a été effectuée en juin 1938 et l'étude aussitôt commencée. Or les premiers résultats n'ont été que *qualitativement* conformes à la formule (1), en ce sens que la valeur du premier membre était bien proportionnelle au temps, mais avec un coefficient systématiquement trop élevé. Cette oxydabilité excessive d'échantillons *récemment dénudés* n'a rien de surprenant. Et en fait, des mesures de juillet sont parfaitement interprétées en utilisant la caractéristique d'un vieillissement de *deux mois*

$$\alpha=(8,51)^2 e^{-\frac{17040}{T}},$$

c'est-à-dire la formule

$$2,193-(1-m)^{\frac{2}{3}}-1,193(1+0,838\,m)^{\frac{2}{3}}=1034\,e^{-\frac{17040}{T}}\,t.$$

La figure 2 indique une variation du premier membre effectivement proportionnelle au temps, avec une pente de 0,0025 au lieu de 0,0026.

IV. Enfin la formule (1) est généralisable à des *poudres*, triées par tamisage, sous réserve de remplacer r_0 par un paramètre ρ_0 dit rayon de la sphère équivalente. Les droites A de la figure 3 se rapportent à des grains de 312^{μ} d'épaisseur approximative et étudiés *quelques jours* après préparation ; le rapport de leurs pentes est correct. La courbe B traduit le comportement de particules de 45^{μ}, *vieilles de deux mois*. Le premier membre est bien proportionnel au temps jusqu'à un degré d'oxydation de 90 pour 100 environ, mais avec un coefficient anormalement faible. Ceci montre à quel point le cobalt *pulvérisé* peut être sensible à l'altération superficielle.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude préliminaire des parasites atmosphériques au moyen de l'oscillographe cathodique.* Note de MM. **Henry Hubert** et **J. Barberon.**

En essayant un poste récepteur construit spécialement pour l'étude des parasites atmosphériques à la Martinique et grâce à l'obligeance de la Maison Radiophon, qui a bien voulu mettre à notre disposition un oscillographe cathodique Du Mont, nous avons pu faire les observations suivantes :

I. Un orage étant au-dessus de Paris, on enregistre les parasites à la fois

sur un oscillographe d'Abraham (comme l'avait fait autrefois J. Lacoste) et sur un oscillographe cathodique. Les inscriptions étant faites en basse fréquence, on ne peut rien conclure quant à la forme absolue des courbes en haute fréquence (d'autant plus que l'antenne paraît agir comme résonateur), mais on a déjà des éléments d'information relativement à certains éléments constitutifs de ces courbes. Chaque oscillographe donne deux types de tracés différents, qui se correspondent chacun à chacun :

1° des courbes *a*, de très courte durée ($\leq$1/50 de seconde), formées d'une onde unique à front très raide, très amortie, et ayant, aux échelles près, la même forme avec les deux oscillographes. Accompagnées, au haut-parleur, d'un bruit sec, elles ne sont en relation avec aucun phénomène naturel directement observable. Elles correspondent bien aux *claquements* de Ed. Rothé et J. Lacoste (1);

2° des courbes *b*, relativement de longue durée, dont l'enregistrement total, rarement inférieur à 1/4 de seconde, peut atteindre 1 seconde. A l'oscillographe d'Abraham elles se traduisent d'abord par un très grand déplacement vertical de l'aiguille (exagéré d'ailleurs par l'inertie du style et la brutalité de l'impulsion primitive), suivi d'une série d'indentations hachées, qui vont en décroissant ou cessent brusquement suivant les cas. A l'oscillographe cathodique, et autant qu'on en peut juger par l'observation directe, on voit le spot tracer toute une série de courbes élémentaires analogues à celles des *claquements*, mais assez rapprochées pour former à l'oreille un bruit continu, bien qu'irrégulier, ou pour paraître, à l'œil, superposées, grâce à la persistance des impressions lumineuses. Le plus souvent elles sont séparées, mais il peut arriver que, dans certains trains de courbes, une nouvelle impulsion se produise avant que la précédente ne soit pratiquement amortie. La durée de chacune des courbes élémentaires est de l'ordre de 1/50 à 1/100 de seconde et l'on en voit, le plus souvent, entre 5 et 10 se superposer sur la rétine. Ce nombre peut être largement dépassé.

Les courbes *b*, que nous nous proposons d'étudier en détail par la suite, correspondent aux *décharges* de Ed. Rothé et Lacoste. Contrairement aux courbes *a*, elles sont liées à un phénomène naturel observable. Elles commencent en effet à s'inscrire au moment précis où l'éclair se produit. Toutefois leur inscription se prolonge pendant une longue fraction de seconde, c'est-à-dire bien après que l'éclair a disparu. Leur aspect sur

---

(1) Ed. Rothé, *L'onde électrique*, 2, 1923, p. 7; J. Lacoste, *Thèse*.

l'oscillographe cathodique est voisin de celui de certains parasites industriels, dus probablement à des groupes d'étincelles électriques.

Ainsi, si la forme absolue de la *décharge* en haute fréquence nous reste inconnue, on peut cependant affirmer qu'elle consiste en une série d'impulsions successives, très brèves, mais dont l'ensemble dure un temps très long par rapport à celui de l'éclair. Le *claquement* et la *décharge* sont donc bien spécifiquement différents et les distinctions faites antérieurement à leur sujet, soit à l'oreille, soit à l'oscillographe d'Abraham (celles-ci malgré les déformations inévitables qu'elles comportent), sont justifiées.

Les images de l'oscillographe cathodique montrent que les choses paraissent se passer comme si, à la suite du, ou des traits de feu de la foudre, auxquels correspondent la première, ou les premières courbes élémentaires, se trouvait déclanchée, pendant un temps relativement long, une succession d'autres transports brusques d'ions, non accompagnés, cette fois, de manifestations lumineuses appréciables. Le tonnerre, avec ses roulements successifs, donnerait ainsi une *image* acoustique plus exacte, bien qu'exagérée, du phénomène électrique.

II. Lorsque, dans les conditions de l'expérience, aucun orage ne se trouve dans le rayon d'action du poste récepteur (ordre de 500^{km}), les seuls enregistrements obtenus sont ceux qui correspondent aux *claquements*.

Conclusions. — La *décharge* traduit, dès l'éclair (simple ou complexe) une succession de brèves impulsions électriques dont la durée totale est, par rapport au phénomène lumineux, relativement très longue.

La *décharge* est bien, physiquement, un phénomène différent du *claquement*. Elle seule est en relation avec l'éclatement de la foudre. Elle s'affaiblit très vite avec la distance, et il doit en être de même pour le *claquement*, produit par une masse d'énergie beaucoup moindre, et qui s'inscrit comme une onde élémentaire de la *décharge*. S'il en est ainsi, le *claquement* n'aurait pas une origine très éloignée de celle du poste récepteur. C'est déjà à ces dernières conclusions que l'un de nous avait été conduit par ses observations en A. O. F. en 1925 ([2]).

([2]) Henry Hubert, *Bull. Comité Ét. hist. et sc. de l'A. O. F.*, 1925, p. 405; *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 368.

ÉLECTRICITÉ TERRESTRE. — *Allure de la variation semi-diurne du champ électrique terrestre, en les cas où la phase de la composante diurne est perturbée.* Note (1) de M. R. GUIZONNIER, transmise par M. Charles Maurain.

Une récente Note (2) a conduit à penser que la phase de la composante diurne du champ électrique terrestre pouvait être perturbée, par le fait que l'un des maxima journaliers de la composante semi-diurne est plus accentué que l'autre.

On ne pourra se rendre compte s'il en est bien ainsi si l'on utilise pour la recherche de la composante semi-diurne, comme il a été fait jusqu'ici, les combinaisons $s_{1.2}(\frac{12}{2})$ qui, associant à chaque ordonnée les ordonnées situées 6 et 12 heures avant ou après cette dernière, donnent une amplitude qui est une sorte de moyenne entre les maxima journaliers de la variation semi-diurne.

En ne mettant en jeu que des combinaisons du type $s_2 s_3 \Sigma_1^2$, qui favorisent la composante semi-diurne, mais ne groupent que des ordonnées voisines de chaque ordonnée considérée, il a été obtenu les courbes ci-après. L'heure du maximum accentué de la semi-diurne est bien, en chaque cas, si l'on se reporte au graphique de la précédente Note, l'heure du maximum de la semi-diurne, qui est la plus proche de l'heure irrégulière du maxima de la diurne.

On doit se demander si les courbes obtenues représentent bien la variation semi-diurne et non l'ensemble d'une onde (3) semi-diurne et d'ondes, insuffisamment éliminées par les combinaisons utilisées, renforçant un maximum de la semi-diurne et atténuant l'autre.

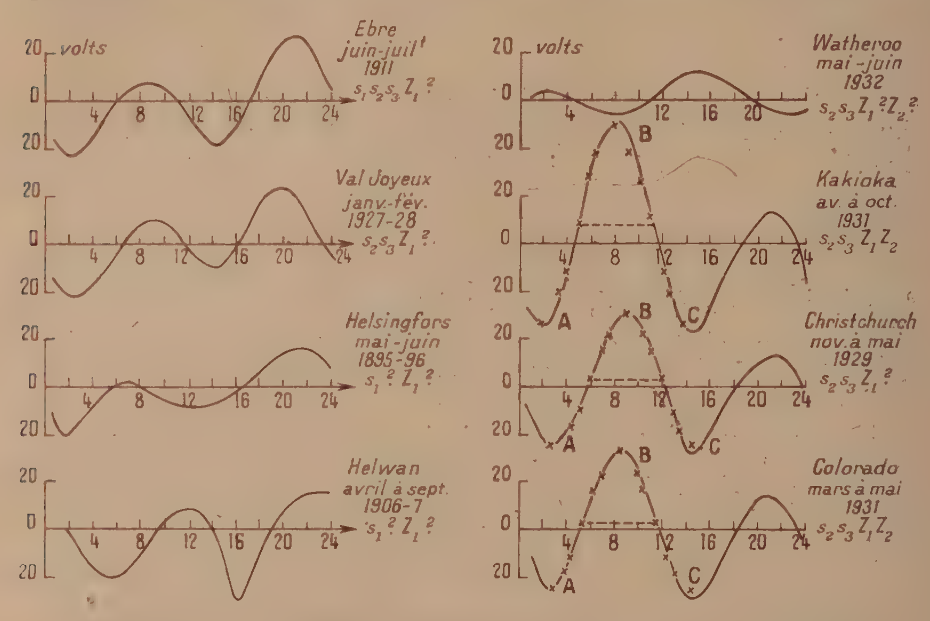
Il se trouve sur les graphiques des portions de courbes, telles que A, B, C, relatives à Kakioka, à Christchurch, au Colorado, qui sont pratiquement sinusoïdales (les points marqués conviennent à des sinusoïdes dont l'axe est tracé en pointillé). Puisque les courbes obtenues montrent ainsi, par endroits, une onde semi-diurne dégagée de toute perturbation, elles ne peuvent concerner le fait d'ondes s'ajoutant à une onde semi-diurne et la

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 372.

(3) Par *onde* nous entendons une variation sinusoïdale, ce qui impose une amplitude constante.

perturbant. On peut donc conclure que les combinaisons utilisées ont été suffisantes pour montrer l'allure de la variation semi-diurne, et en particulier, le fait que cette variation a un maximum journalier plus accentué que l'autre.



En ordonnées, valeurs données par l'analyse. En abscisses, heures du jour (temps local).

Une telle variation semi-diurne suffit, cela a été rappelé au début de cette Note, à expliquer les cas de phase anormale de la composante diurne du champ électrique terrestre, donnés par l'analyse.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches statistiques sur la survie des cellules de coiffe de* Lupinus albus. Note (¹) de MM. **Roger Gautheret** et **Pierre Delaporte**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Les recherches statistiques sur la mortalité ont surtout porté sur des animaux. Les végétaux n'ont pas été étudiés à ce point de vue, car il est difficile de discerner le moment où une plante meurt. Pour la même raison

(¹) Séance du 18 juillet 1938.

les données relatives à la mortalité des cellules animales ou végétales sont rares; les seuls travaux que nous connaissions ont trait à des organismes unicellulaires et c'est surtout l'absence de mouvement qui a servi de critérium de mort. Cette méthode d'observation n'est pas applicable aux cellules des Métazoaires et des Métaphytes sur la mortalité desquelles on manque d'indications.

Nous avons pu étudier la mortalité des cellules de végétaux supérieurs en nous adressant aux cellules qui se détachent naturellement de la coiffe de la racine de *Lupinus albus* et survivent de 2 à 100 jours ainsi que l'un de nous l'a montré. Leur examen microscopique est très facile et l'on peut distinguer les cellules vivantes des cellules mortes. La mort peut survenir, soit par coagulation naturelle du cytoplasme, soit par rupture de la membrane cellulosique, ce qui paraît dû à une forte pression osmotique. Sur milieu glucosé, on trouve ces deux types de cellules mortes. En absence de sucre, les cellules n'éclatent pas et meurent par coagulation naturelle du cytoplasme. Pour étudier la mortalité des cellules de coiffe, nous préparions suivant la technique décrite par l'un de nous des cultures renfermant quelques centaines d'éléments détachés de la racine sensiblement au même moment. Les cellules une fois repérées étaient observées périodiquement au microscope afin de compter les éléments vivants et morts, soit par éclatement, soit sans éclatement. Les cultures étaient maintenues à l'obscurité dans une étuve à température constante. Nous avons étudié la mortalité des cellules sur milieu glucosé et sur milieu minéral et dans ces deux cas nous avons opéré, soit en maintenant la racine dans le milieu, soit en la retirant.

La représentation de la répartition des cellules conduit à une courbe en cloche dissymétrique, les cellules mourant à la fin des expériences étant plus nombreuses qu'au début. Cette répartition s'observe que la racine ait été retirée ou non du milieu; la présence de la racine dans le milieu ne modifie pas la forme de la courbe, mais elle augmente cependant la survie. Les cellules mortes par éclatement sur milieu glucosé ont donné des courbes analogues à celles relatives aux cellules cultivées sur milieu minéral et n'ayant par conséquent pas éclaté. En raison des erreurs possibles de numération, il a paru préférable de former les courbes (en traits ponctués figures 1 et 2) donnant à chaque époque d'observation le rapport du nombre des cellules mortes au nombre total des éléments. En dehors des caractères, communs à toutes les courbes, nous avons remarqué des différences parfois considérables entre les racines en ce qui concerne le

temps nécessaire pour que toutes les cellules soient mortes; nous avons recherché une loi permettant de les représenter toutes. Nous avons obtenu de bons résultats en utilisant l'équation dite *law of facility*, due à F. Galton et à D. Mac Alister [2]. Conformément aux vues de Galton, R. Gibrat [3] a montré qu'elle était souvent utilisable en sociologie et

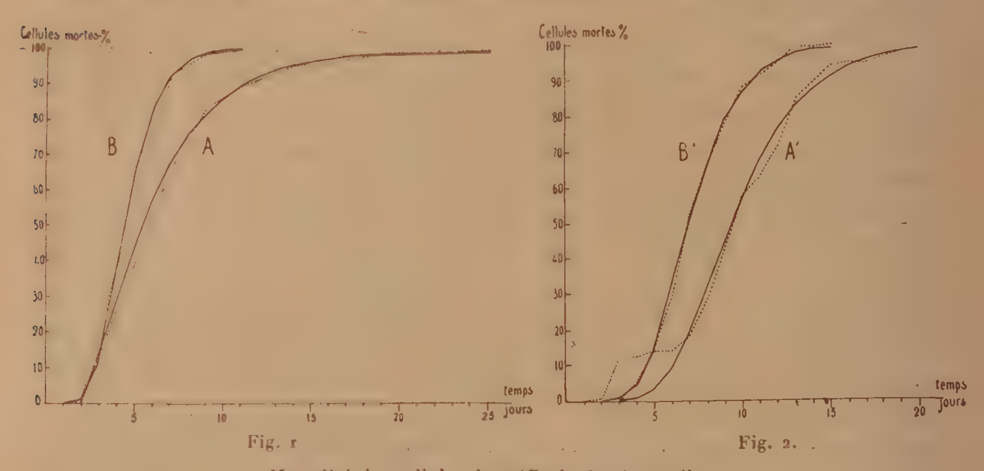


Fig. 1 Fig. 2.

Mortalité des cellules de coiffe de *Lupinus albus*.
Fig. 1. — Culture sur millieu minéral à 20-22°. Cellules mortes par coagulution naturelle du cytoplasme. Fig. 2. — Culture sur millieu glucosé, à 15°.
A, A', racine présente dans le millieu; B, B', racine retirée du millieu.

P. Lhéritier [4] l'a appliquée à la mortalité des Drosophiles par intoxication.

$$\frac{D_{t_i}}{N} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha(\log t_i - \beta)} e^{-z^2}\, dz \qquad \text{où} \quad z = \alpha(\log t - \beta),$$

D_{t_i} nombre des cellules déjà mortes à l'instant t_i, et N nombre total de cellules observées. β est égal au logarithme de l'époque du maximum de fréquence des morts; α indique la concentration dans le temps des morts de cellules par rapport au temps écoulé depuis qu'elles se sont détachées de la coiffe. On peut prendre pour origine des temps le moment où les cellules se sont détachées de la coiffe. Sur 32 expériences réalisées, 30 ont suivi cette loi; nous avons représenté en traits pleins quelques-uns des ajustements (*fig.* 1 et 2). Le paramètre β varie surtout avec la tempé-

(2) *Proc. Royal Soc. London*, **29**, 1879, p. 365 et 367.
(3) *Les inégalités économiques*, Paris, 1931.
(4) *Thèse Doctorat ès sciences*, Paris, 1937.

rature, le milieu de culture et la présence ou l'absence de la racine, alors que α semble indépendant de ces conditions et varier avec les différences individuelles entre les racines, ces dernières n'étant pas négligeables. Cette étude nous a montré que les deux genres de mort bien que différant profondément sont cependant statistiquement comparables. Cette remarque conduit à penser que ces deux types de mort sont liés l'un à l'autre.

Nos recherches montrent donc que dans diverses conditions expérimentales la mortalité des cellules de coiffe de *Lupinus albus* peut être représentée d'une manière satisfaisante par la loi de Galton-Mac Alister, fonction telle que deux paramètres, dont l'interprétation est précise, suffisent pour décrire toutes les expériences.

PHYSIOLOGIE. — *Les termes ultimes du métabolisme purique chez les Mammifères*. Note de Mlle **Gilberte Mourot**, présentée par M. Richard Fosse.

Le travail résumé ci-dessous a eu pour objet de préciser la nature du composé azoté excrémentitiel ultime du métabolisme purique des Mammifères.

Un lapin, anesthésié au chloralose, reçoit pendant une quinzaine d'heures, une injection continue et régulière (50 ou 100^{cm^3} par heure) d'un liquide salin, glucosé, maintenu à 38-40°. Dans les cinquième ou sixième heures, durant une ou deux heures, ce liquide contient, en outre, soit de l'acide urique, soit de l'allantoïne, soit de l'acide allantoïque.

Sitôt que sécrétée, l'urine est recueillie par fistule de chacun des uretères et tombe dans des éprouvettes graduées, placées dans de la glace. Heure par heure, on dose dans l'urine : N total, N urée, N urique, N allantoïne, N acide allantoïque, et y recherche la présence d'acide glyoxylique.

Les résultats trouvés sont résumés dans les deux tableaux ci-joints. Ils montrent que :

1° L'urine du Lapin, recueillie à la sortie du rein, renferme toujours des traces d'acide allantoïque (ordre de grandeur, 0,5 pour 100 de l'azote de l'allantoïne).

2° La quantité d'acide allantoïque augmente nettement quand on injecte de l'acide urique ou de l'allantoïne; l'augmentation se fait sentir le plus rapidement dans le cas de l'allantoïne.

3° L'acide allantoïque, l'allantoïne, l'acide urique, se retrouvent partiellement en urée.

4° L'injection massive d'acide allantoïque permet de déceler la présence d'acide glyoxylique dans l'urine.

On peut donc dire que, chez le Lapin, l'allantoïne n'est pas le terme ultime du métabolisme purique; l'organisme du lapin est capable de transformer l'allantoïne en acide allantoïque, puis, l'acide allantoïque en urée et vraisemblablement, acide glyoxylique dont la destinée ultérieure serait à préciser.

Ces observations complètent les travaux de Fosse et ses collaborateurs; ainsi se trouve montré que le métabolisme purique ne diffère, chez les êtres vivants, depuis les végétaux jusqu'aux Mammifères, que par l'importance relative des produits excrémentitiels et non par leur nature.

	mg N.									
Corps injecté	Acide urique.			Allantoïne.				Acide allantoïque.		
N injecté	38	55,2	58,5	93	64	104	106	26,2	32,8	28,5
N total retrouvé en excès	46,2	55,9	69,4	95	67	104	113	49,4	46,9	–
N retrouvé en :										
acide urique	13,8	22,9	17,6	–	–	–	–	–	–	–
allantoïne	21,5	19,9	31,2	–	50,7	91	87	–	–	–
acide allantoïque	–	–	–	–	–	–	–	21,1	25,7	22,7
urée	12,1	11,9	23,2	30,2	15,3	13,1	23	30,9	22,2	–
N transformé en urée en pour 100 de N injecté	7	21	23	32	21	12,5	18	19,5	21	21

Trouvé dans l'urine.

	Acide allantoïque (γN).						Acide glyoxylique correspondant à γN acide allantoïque.	
Injection de	Acide urique.			Allantoïne.			Acide allantoïque.	
1 heure	7	5	12	9	8	12	–	–
2 heures	7	5	9	6	9	6	–	–
3 »	10	5	7	6	7	10	–	–
4 »	8	7	5	10	8,5	8	–	14
5 »	7	20	9	3	18	19	–	27
6 »	10	18	28	4	46	22	15	44
7 »	12	18	27	13	31	20	–	27
8 »	10	13	25	15	17	10	–	–
9 »	10	10	20	11	10	11	–	–
10 »	10	6	19	9,5	7,5	14	–	–
11 »	5	5	18	5	6,5	7,5	–	–
12 »	–	5	13	5	9	8,5	–	–
13 »	–	–	6	4	7,5	7,5	–	–

(Les nombres soulignés correspondent à la première heure d'injection du corps étudié).

PHARMACOLOGIE. — *Modifications apportées à l'action hypoglycémiante de l'insuline et hyperglycémiante de l'adrénaline, par l'addition de sels de nickel, de fer ou de cuivre.* Note [1] de M. **Henry Schwab**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'addition de chlorure de zinc soit à l'insuline seule, soit aux complexes résultant de l'association de celle-ci avec la protamine ou avec la gélatine, permet de prolonger d'une manière notable la durée des effets hypoglycémiants de l'hormone pancréatique, à condition toutefois de recourir à des doses convenablement choisies. Cette curieuse propriété, dont nous avons montré qu'elle s'applique également aux effets hyperglycémiants de l'adrénaline, n'est pas limitée exclusivement aux sels de zinc. Nous avons signalé que les sels d'aluminium peuvent exercer sur les effets de l'insuline et sur ceux de l'adrénaline, la même influence que les sels de zinc, à savoir : inhibition par les fortes doses de métal, retardement et renforcement par les doses faibles.

Il était intéressant de voir si d'autres métaux tels que le nickel, le fer et le cuivre, plus ou moins éloignés dans la classification périodique, possèdent des propriétés analogues.

I. Sels de nickel. — 1° *Effets hypoglycémiants de l'insuline.* — Bertrand et Machebœuf ont déjà montré que les sels de nickel (sulfates et chlorures) retardent l'hypoglycémie insulinique. Nos essais, effectués avec le sulfate de nickel, nous ont permis de constater que les fortes doses diminuent et retardent les effets hypoglycémiants de l'insuline. Quant aux petites doses, elles n'ont donné aucun résultat.

Nos expériences ont été effectuées sur des lapins de 2 à 3^{kg}, maintenus préalablement à jeun pendant au moins douze heures. L'insuline-gélatine (1 unité d'insuline et 2^{cm^3} de gélatine à 1 pour 100) a été additionnée de $6^{mg},3$ de nickel, et l'injection effectuée par la voie sous-cutanée. Il y a retardement des effets hypoglycémiants de l'insuline-gélatine après administration de doses fortes de nickel.

2° *Effets hyperglycémiants de l'adrénaline.* — Nos expériences ont été effectuées sur des lapins de 2 à 3^{kg}, maintenus à jeun depuis au moins douze heures. L'adrénaline, à la dose de $0^{mg},25$ par kilogramme et le nickel à la dose de $6^{mg},2$ et $0^{mg},12$ par kilogramme (sous forme de sulfate),

---

[1] Séance du 8 août 1938.

furent simultanément injectées par la voie sous-cutanée. Il y a, avec les doses fortes de sulfate de nickel, inhibition de l'action hyperglycémiante de l'adrénaline, tandis qu'avec les doses faibles, il y a nettement renforcement et retardement de l'action de l'adrénaline sur la glycémie. Ceci est analogue à ce que nous avons obtenu avec l'aluminium et avec le zinc. Ainsi l'action qu'exerce le nickel sur la durée des effets hypoglycémiants de l'insuline s'observe également en ce qui concerne les effets hyperglycémiants de l'adrénaline.

II. Sels de fer. — 1° *Effets hypoglycémiants de l'insuline.* — Maxwell et Bischoff avaient déjà démontré que l'addition de chlorure de fer basique à l'insuline, retardait son action sur la glycémie des rats et des lapins. Nous avons procédé de la même façon que nous l'avions fait avec le zinc, l'aluminium et le nickel. L'insuline-gélatine (1 unité d'insuline et 2^{cm^3} de gélatine à 1 pour 100) a été additionnée de 10^{mg} d'alun de fer ammoniacal, et l'injection effectuée par la voie sous-cutanée. Les résultats, retardement des effets hypoglycémiants de l'insuline-gélatine par les doses fortes de ce métal, confirment les constatations que nous avons faites avec le complexe insuline-gélatine-nickel.

2° *Effets hyperglycémiants de l'adrénaline.* — L'adrénaline à la dose de $0^{mg},25$ par kilogramme et le fer à la dose de 10^{mg} par kilogramme, et de $0^{mg},10$ par kilogramme (sous forme d'alun de fer ammoniacal) furent simultanément injectés par la voie sous-cutanée. Il y a avec les doses fortes de sel de fer inhibition de l'action hyperglycémiante de l'adrénaline, tandis qu'avec les doses faibles, il y a nettement renforcement et retardement de l'action de l'adrénaline sur la glycémie. Ainsi l'action qu'exerce le fer sur la durée des effets hypoglycémiants de l'insuline s'observe également en ce qui concerne les effets hypoglycémiants de l'adrénaline.

III. Sels de cuivre. — Nos expériences, effectuées dans les mêmes conditions que les précédentes, ont conduit à des résultats analogues à ceux obtenus dans nos recherches antérieures avec les autres sels métalliques. Des doses de 10^{mg} et de 15^{mg} de sulfate de cuivre retardent les effets provoqués soit par l'insuline, soit par l'adrénaline. Les doses très fortes de 30^{mg} inhibent complètement les effets hypoglycémiants de l'insuline et les effets hyperglycémiants de l'adrénaline.

Conclusion. — Les résultats que nous avons obtenus avec les sels des quelques métaux étudiés par nous et appartenant à des échelons assez divers de la classification périodique, sont sensiblement identiques aussi bien pour les effets hypoglycémiants de l'insuline que pour les effets

hyperglycémiants de l'adrénaline, à savoir, retardement et parfois renforcement avec les doses moyennes, inhibition complète avec les doses fortes. Il semble donc bien que l'influence ainsi exercée par les sels métalliques sur les effets des hormones pancréatique et surrénalienne n'est nullement spécifique. L'hypothèse émise par les auteurs américains d'un retard dans la résorption des hormones nous paraît devoir être prise en considération pour expliquer l'influence retardatrice des sels métalliques sur les effets de ces hormones. Quant à l'influence inhibitrice des fortes doses, elle peut être considérée comme résultant d'une action toxique exercée par ces dernières sur les éléments cellulaires qui interviennent dans la régulation de la glycémie.

La séance est levée à $15^{h}15^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 18 juillet 1938.)

Note de MM. *Louis Martineau* et *Joseph Wiemann*, Isolement d'un produit intermédiaire dans l'isomérisation catalytique du dipropénylglycol :

Page 244, ligne 7 en remontant, au lieu de *cité* lire *cit.*;

ligne 8, » *lire* $CH^3 - CH = CH - CHOH - CO - C^3H^7$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1938.

Les cellules embryonnaires, par RAOUL MICHEL MAY, in *L'Avenir de la Science*. Paris, Gallimard, 1938; 1 vol. 20^{cm}.

Oreille interne, par CH. CLAOUÉ. 2e édition. Paris, Éditions N. Maloine, 1938; 1 vol. 25^{cm}.

Tendances actuelles des techniques de la chaleur, par MARCEL VÉRON, d'après la 46e conférence de la « Technique moderne ». Paris, Dunod, 1938; 1 vol. 21^{cm} (présenté par M. L. Guillet).

Analyse de diverses microphotographies se rapportant au nucléome des schizaphytes bactériacées et cyanophycées, par A.-CH. HOLLANDE. Montpellier, Imprimerie de la Manufacture de la Charité, 1938; 1 vol. 25^{cm}.

Institut international de chimie Solvay. Sixième conseil de chimie tenu à l'Université de Bruxelles du 4 au 9 octobre 1937. Rapports et discussions sur les vitamines et les hormones. Publiés par MM. les Secrétaires du Conseil sous les auspices de la commission scientifique de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 25^{cm}.

Gouvernement de la Martinique. Le Service météorologique et de physique du globe de la Martinique (Antilles françaises). Paris, Larose, 1938; 1 vol. 25^{cm}.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par ALBERT 1er, *prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M.* JULES RICHARD. Fasc. XCVI. *Eléments de faunes terrestres et d'eau douce recueillis pendant les croisières du Prince Albert de Monaco et étudiés par divers auteurs.* Fasc. XCVII. *Mémoires sur les Crustacés et Pycnogonides des croisières du Prince Albert* Ier *de Monaco par divers auteurs.* Fasc. XCVIII. *Recherches de Physiologie comparée faites à bord de la princesse Alice*, par PAUL PORTIER. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1938; 3 vol. 36^{cm}.

Travaux du Laboratoire central d'électricité. Détermination de l'unité de résistance du système électromagnétisme C. G. S., par R. JOUAUST, M. PICARD et R. HÉROU. Préface de M. A. COTTON, in *Bulletin de la Société française des Électriciens* (juillet 1938); 1 fasc. 27^{cm}.